中央凹加工负荷与副中央凹信息在汉语阅读眼跳目标选择中的作用*

王永胜　赵冰洁　陈茗静　李　馨　闫国利　白学军

(天津师范大学 心理与行为研究院；教育部人文社会科学重点研究基地，天津 300074)

摘　要　研究探讨汉语读者选择眼跳目标时，中央凹注视词的加工负荷是否影响副中央凹获取信息量，进而调节随后的眼跳长度。采用眼动追踪技术，操纵了中央凹注视词的词频(高频、低频)和副中央凹词的笔画数(多笔画、少笔画)。结果发现：从中央凹词到副中央凹少笔画词的眼跳长度显著地长于到多笔画词的，且这种笔画数效应并不受中央凹加工负荷的调节；从高频中央凹词到副中央凹词的眼跳长度显著地长于低频词的。在本实验条件下结果提示：中央凹加工负荷在眼跳目标选择中的作用不是通过调节副中央凹获取信息量的多少来实现的。

关键词　汉语阅读；眼跳目标选择；中央凹加工；副中央凹加工

分类号　B842

1　问题提出

在阅读过程中，眼球运动控制系统需要实时做出何时(when)进行眼跳、跳到何处(where)的决定，即“when”和“where”的问题(Rayner, 2009)。“where”的问题即眼跳目标选择的问题。研究发现读者的眼跳并不是随机发生的，例如在拼音文字(比如英语)的阅读中，词上的首次注视位置通常落在词首和词中心之间的位置，即偏向注视位置上(preferred viewing location, PVL) (McConkie, Kerr, Reddix, & Zola, 1988; Rayner, 1979)，而这一位置靠近在单个词汇识别中的最佳注视位置(optimal viewing position, OVP) (O’regan, 1992; O’regan & Jacobs, 1992; Vitu, O’regan, & Mittau, 1990)。副中央凹加工中获取的词间空格信息指引着读者的眼跳目标选择(Juhasz, Inhoff, & Rayner, 2005; Morris, Rayner, & Pollatsek, 1990;Perea & Acha, 2009; Pollatsek& Rayner, 1982)。当前最具代表性的眼动控制模型，例如 E-Z 读者模型和 SWIFT 模

收稿日期：2017-08-30

* 天津市哲学社会科学项目(TJJX17-011)资助。

通讯作者：白学军, E-mail: bxuejun@126.com

型，都将词的中心作为默认的眼跳位置。读者在进行眼跳计划时将词中心作为眼跳的目标位置，但是由于眼跳误差，注视点往往落在词的开头与词的中心之间的位置上，即落在偏向注视位置(PVL)上(Liversedge, Gilchrist, & Everling, 2011; Reichle, Rayner, & Pollatsek, 2012; Schad & Engbert, 2012)。

汉语属于表意文字，基本的书写单位是字，每个汉字占有相同的空间。虽然对于汉语读者而言，关于"词"的定义有所不同，既存在个体差异也存在个体内差异(Hoosain, 1992; Liu & Li, 2014; 彭瑞元，陈振宇，2004)，且缺少外显的词边界线索(例如拼音文字中的空格信息)，但词在汉语阅读中具有重要的作用，有研究者认为词是汉语阅读的基本加工单元(Bai, Yan, Liversedge, Zang, & Rayner, 2008; Li, Bicknell, Liu, Wei, & Rayner, 2014; Yan, Tian, Bai, & Rayner, 2006)。

汉语阅读中如何选择眼跳目标当前研究并不清楚。Yan, Kliegl, Richter, Nuthmann 和 Shu (2010)的研究发现当词上只有一次注视时，注视点倾向于落在词的中心位置，类似于拼音文字阅读中的偏向注视位置；当词上存在多次注视时，首次注视更多的落在词首。据此，研究者认为汉语阅读中的眼跳目标选择依赖于副中央凹的词切分情况：如果在副中央凹加工完成了词切分，注视点将落在下一个词的中心，如果在副中央凹没有完成词切分，注视点将落在下一个词的开头。但是这种注视点分布模式是否与副中央凹词切分有关，受到了研究者的质疑。Li, Liu 和 Rayner (2011)采用"恒定步幅"的策略模拟了词上的首次注视位置分布，得到了类似的注视位置分布模式。因此研究者认为，这种注视位置分布模式可能与读者采用何种眼跳策略无关，而是由数据分析方法造成的(Li et al., 2011; Ma, Li, & Pollatsek, 2015)。Ma 等人(2015)研究三字词、三字非词的注视位置分布情况，得到了与 Yan 等人(2010)类似的注视位置分布，即使将句子中的字进行随机排列，也得到了相同的注视位置分布。之所以在多次注视中，首次注视偏向于词首是由于在计算首次注视位置时，只包括了从前目标区跳向目标区的眼跳，而目标区内的向前再注视并没有包括在内，这种分析方法导致越靠近目标区开始的位置注视点的数量越多；在单次注视中，首次注视位置之所以偏向词的中心，是由于汉语阅读中的平均眼跳长度为两个字左右，以三个字的目标区为例，当首次注视落在了第二个字上，下一次眼跳跳出目标区的可能性要远大于落在目标区上，而当首次注视落在第一个字上时，再次注视仍落在目标区上的可能性要大于落到目标区之外，因此在单次注视的情况下注视点倾向于落在目标区的中心(Ma et al., 2015)。

有研究者认为汉语读者并不像存在外显词切分线索的拼音文字读者一样将词的中心作为默认的眼跳目标位置，而是一种动态调节的过程(Liu, Huang, Gao, & Reichle, 2017; Liu,

Reichle, & Li, 2016)。该假设认为，在注视时副中央凹加工获取的信息决定着随后眼跳长度，副中央凹加工获取的信息越多随后的眼跳长度越长；当前注视词的加工负荷调节副中央凹加工，当前注视的加工负荷越低，在副中央凹加工中获取的信息越多，那么随后的眼跳长度越长。副中央凹加工影响眼跳目标选择的研究，对这一假设提供了支持。例如，Zang, Liang, Bai, Yan 和 Liversedge (2013)探讨了汉语阅读过程中词间空格对注视位置的影响。结果表明，与无空格条件相比，平均首次注视位置在空格条件下更接近于词的中心。表明词间空格在一定程度上能够帮助读者进行眼跳定位。Li 等人(2014)的研究发现，与副中央凹词是低频词相比，当词 n+1 为高频词的时候，跳入词 n+1 的眼跳长度会显著增长。而且当副中央凹词为高预测时，跳入词 n+1 的眼跳长度也会较长(Liu, Guo, Yu, & Reichle, 2017)。

中央凹注视词的加工负荷对眼跳目标选择的影响是否通过调节副中央凹加工获取的信息量来完成仍存在争议。虽然之前一些研究表明，中央凹注视词的加工影响随后的眼跳长度，中央凹加工负荷越低，随后的眼跳长度越长(Liu, Reichle, & Li, 2015; Liu et al., 2017; Wei, Li, & Pollatsek, 2013; 王永胜, 2016)，但研究者认为中央凹加工负荷对眼跳长度的影响是通过调节副中央凹加工获取信息的多少来完成的。Liu 等人(2015)操纵了中央凹注视词的词频(高、低)和副中央凹的信息可见性(可见、不可见)，以考察二者对眼跳目标选择的影响。该研究假设：在中央凹注视词向前的眼跳长度上，如果汉语读者眼跳目标的选择主要受注视词加工特征的影响，那么不论副中央凹预视信息是否可见，都应存在中央凹注视词频的主效应；如果汉语读者眼跳目标的选择主要受副中央凹加工的影响，那么只有当副中央凹预视信息可见时，才会存在注视词频的效应；如果中央凹加工与副中央凹加工同时调节眼跳目标选择，那么中央凹注视词频的效应在副中央凹预视信息可见时要显著地大于预视信息不可见时。实验结果发现，只有副中央凹预视信息可见时，中央凹注视词的词频才会影响随后的眼跳长度，表明汉语读者的眼跳目标选择主要受副中央凹加工的影响，中央凹注视词的加工负荷对随后眼跳长度的影响是通过调节副中央凹加工进而影响随后的眼跳长度的。中央凹注视词的加工负荷越低，副中央凹加工获取的信息越多，随后的眼跳长度越长。

但有研究发现，汉语阅读中央凹注视词加工负荷不对副中央凹加工产生调节。Yan (2015)的研究中，操纵了前目标词的笔画数(多笔画数词、少笔画数词)，同时使用边界范式操纵了目标词的预视类型(目标预视、无关词预视和非词预视)，结果发现与拼音文字不同，当前目标词为高加工负荷的多笔画数词时，目标词上的预视效应更大。研究者认为这是由于当前目标词加工负荷越大，注视点停留的时间越长，对目标词的预视加工时间越长所导致的。张慢慢(2015)、王永胜(2016)操纵了中央凹注视词的词频与副中央凹中的预视类型(目标预视和假

字预视)，均没有发现中央凹词频调节副中央凹加工，中央凹注视词加工负荷的高低并不影响副中央凹预视效应的大小。

此外，在 Liu 等人(2015)的研究中，当被试的注视点没有通过边界时，边界之后的句子部分被“※”掩蔽。由于“※”与汉字之间存在非常明显的差异，缺少明确的眼跳目标，可能会对读者的正常阅读产生一定的影响。闫国利、张巧明、张兰兰和白学军(2013)探讨了使用“※”和文字作为掩蔽材料时对汉语知觉广度的影响，结果发现使用“※”作为掩蔽材料时的知觉广度比使用文字作为掩蔽材料时的知觉广度更小，但是眼跳幅度更大，从而说明使用“※”可能干扰了读者正常的眼跳目标选择过程。而 Yan (2015)以及张慢慢(2015)、王永胜(2016)的研究中并没有掩蔽边界之后的句子部分。因此需要进一步探讨中央凹加工负荷是否通过调节副中央凹加工获取信息的多少来影响随后的眼跳目标选择。

本研究通过操纵中央凹注视词的词频来操纵中央凹的加工负荷(Kliegl, Grabner, Rolfs, & Engbert, 2004; Rayner, Ashby, Pollatsek, & Reichle, 2004; Rayner & Raney, 1996)。研究表明双字词首字的笔画数越少，词上的首次注视位置越靠近词的中心(Ma & Li, 2015; 孟红霞，白学军，闫国利，姚海娟, 2014)。Ma 和 Li (2015)认为，在副中央凹加工中即可获得词的笔画数信息：词的笔画数越少在副中央凹对其加工越充分，跳向该词的眼跳长度越长，注视点距离词首位置越远。因此，本研究同时操纵副中央凹词的笔画数。以此来探讨中央凹加工负荷对眼跳目标选择的影响是否通过调节副中央凹加工获取信息的多少来完成。

在本研究中，如果中央凹注视词加工负荷对眼跳目标选择的影响是通过调节副中央凹加工获取信息的多少来完成，那么在从中央凹词到副中央凹词的眼跳长度上，将存在中央凹注视词频与副中央凹词笔画数显著的交互作用，中央凹低加工负荷(高频词)条件下副中央凹词的笔画数效应显著地大于中央凹高加工负荷(低频词)条件；如果中央凹注视词的加工负荷并不对副中央凹加工产生调节，那么高低中央凹注视词加工负荷条件下副中央凹加工中获取的信息不存在显著的差异，因此不同中央凹加工负荷条件下，副中央凹词笔画数的作用不存在显著差异。

2 方法

2.1 被试

被试为 40 名天津师范大学在校本科学生，平均年龄为 20.78 岁(SD = 1.21)。女生 35 名，男生 5 名。被试的裸视或矫正视力正常，母语均为汉语，且为右利手，均不了解实验目的。

实验结束后，被试可获得一定的报酬。

2.2　实验设计

本研究采用 2(中央凹词频：高频，低频)×2(副中央凹笔画数：多笔画，少笔画)的两因素被试内实验设计。

2.3　实验材料

选择 76 组双字词作为中央凹注视词，包括 76 个低频词(M = 7.64/百万, SD = 7.18)和 76 个高频词(M = 405.08/百万, SD = 458.04)，词频差异显著(t = 7.56, p < 0.001)。在总笔画数、首字笔画数与尾字笔画数上，高频词与低频词不存在显著差异(ts < 1.03, ps > 0.05)。高频词的首字字频显著高于低频词的首字字频(t = 3.48, p = 0.001)，高频词尾字字频显著高于低频词尾字字频(t = 4.35, p < 0.001))。选取 76 组双字词作为副中央凹词，根据以往实验标准将笔画数低于 8 画(包括 8 画)，定义为低笔画；将笔画数高于 12 画(包括 12 画)，定义为多笔画(Ma & Li, 2015)。副中央凹注视词在总笔画数、首字笔画数与尾字笔画数上存在显著差异(ts > 28.20, ps < 0.001)，多笔画词与少笔画词在词频、首字字频、尾字字频差异不显著(ts < 1.47, ps > 0.05)。具体材料见表 1。最后将中央凹词对和副中央凹词对组合，放在相似的句子框架中，句子长度为 15~20 个汉字。在中央凹注视词前的句子部分相同。

表 1　实验材料

目标词	实验操纵	词频	首字笔画数	尾字笔画数	首字字频	尾字字频
中央凹词	高频	405.08 (458.04)	7.76 (2.71)	7.47 (2.69)	2208.96 (3995.05)	2866.28 (3561.96)
	低频	7.64 (7.19)	8.21 (3.16)	7.29 (2.76)	835.42 (2263.10)	1203.60 (1772.83)
副中央凹词	多笔画数词	21.05 (46.99)	13.38 (1.57)	13.59 (1.77)	380.16 (991.66)	1256.01 (144.07)
	少笔画数词	21.23 (46.06)	5.24 (1.16)	5.45 (1.67)	780.85 (2233.47)	1226.78 (140.72)

注：括号内为标准差。

实验材料的评定。首先选择 40 名大学生对实验句子进行通顺性的 7 点评定。“1”代表非常不通顺，“7”代表非常通顺。句子通顺性为 M = 6.4 (SD = 0.38)四种条件下句子的通顺性不存在显著的差异，Fs < 0.43, ps > 0.05。句子的通顺性符合实验要求。之后选择 28 名大学生对

中央凹注视词预测性进行了评定，呈现中央凹词之前的句子，让被试将剩余的句子填写完整。高频词句子的预测性为(M = 0.32, SD = 1.61)，对低频词的预测性为(M = 0.31, SD = 1.99)，两种条件下中央凹注视词的预测性不存在显著的差异，t = −0.001, p = 1.00。表 2 为实验材料举例。

表 2　实验材料举例

中央凹注视词	副中央凹词	句子
高频	多笔画	摄影师总是能*记录***温馨**生活中最动情的瞬间
	少笔画	摄影师总是能*记录***平凡**生活中最动情的瞬间
低频	多笔画	摄影师总是能*发觉***温馨**生活中最动情的瞬间
	少笔画	摄影师总是能*发觉***平凡**生活中最动情的瞬间

注：斜体字为中央凹注视词，黑体字为副中央凹词，在实验中均以正常形式呈现。

2.4　实验仪器

实验采用 Eyelink 1000 型眼动记录仪，采样频率为 1000 Hz。呈现变化的延迟时间为 6~12 ms。被试机屏幕刷新频率为 120 Hz，分辨率为 1024×768 像素。被试眼睛与屏幕之间的距离为 70 cm，刺激以 28 号宋体形式呈现，每个字在屏幕上的大小为 37×37 像素，每个汉字约为 1.18 视角。

2.5　程序

每个被试单独施测。被试进入实验室后，首先向被试简单的介绍实验室环境。之后，被试开始阅读实验指导语。被试阅读完毕后，主试向被试再简述指导语，确保被试准确的理解实验程序。然后进行 3 点校准，校准的平均值小于 0.2 时，表示被试校准成功。校准完成后，被试开始阅读屏幕上呈现的实验句子，其中前 8 个句子为练习句。实验共有 4 组材料，每组包括 76 个正式实验的句子，每种条件下有 19 个句子，每组内句子随机呈现，每个被试只需做其中一组。实验材料中，除了实验句子 76 句，还有 8 个练习句和 20 个填充句，其中 30 个句子后面有简单的 " 是 " 或 " 否 " 的判断题，被试对问题回答的平均正确率为 93.2%，表明认真的完成了实验任务。实验过程中，在必要时重新进行校准，整个实验过程大约需要 20~30 min。

3　结果分析

根据以往的研究，过短或过长的注视点不能反映阅读的加工信息(Rayner, 1998; Rayner, 2009)，因此，将注视点短于 80 ms 或长于 800 ms 的注视点删除，并根据如下标准将不符合要求的数据进行删除：(1)在句子上的注视点少于 4 个；(2)追踪失败的数据(由于被试眨眼、头动等因素)；(3)平均数位于 3 个标准差之外的数据。删除的数据占总数据的 2.64%。

在数据分析中，对眼跳目标选择的分析包括起跳位置、从中央凹注视词到副中央凹词的眼跳长度、副中央凹词上的注视位置、跳读率；对注视时间的分析包括首次注视时间、凝视时间、单一注视时间。在眼跳目标选择的分析中，以字为单位进行(闫国利等, 2013)。

本研究采用基于 R 语言(R Development Core Team, 2014)环境下的线性混合模型(Linear Mixed Model, LMM)对数据进行分析，采用 lme4 数据处理包(Bates, Maechler, & Bolker, 2012)对数据进行分析。使用 LMM 数据处理技术在分析数据时，指定被试和项目作为交叉随机效应。使用马尔可夫链蒙特卡罗(Markov-Chain Monte Carlo)的算法得出事后分布的模型参数来作为显著性的估计值，能同时反映来自被试和项目中的变异(Baayen, Davidson,& Bates, 2008)。模型在运行过程中，对分析指标进行了 log 转换，而对跳读数据则进行 logistic lme 转换。本实验中的线性模型是将中央凹词词频、副中央凹词的笔画数以及两因素的交互作用作为固定因素来进行分析。由于高频词首字和尾字的字频显著高于低频词，因此在眼跳目标选择相关指标时，将首字字频和尾字字频作为协变量纳入到了模型当中进行分析。在交互作用显著时，对高频中央凹词条件下副中央凹多笔画数词与少笔画数词进行了比较。

3.1 注视目标选择分析

对眼跳目标选择结果的描述统计结果与分析结果分别见表 3 与表 4。

表 3 副中央凹词的眼跳目标和注视位置分析

分析指标	中央凹注视词高频		中央凹注视词低频	
	副中央凹词多笔画	副中央凹词少笔画	副中央凹词多笔画	副中央凹词少笔画
起跳位置	0.91 (0.55)	0.91 (0.53)	0.90 (0.54)	0.88 (0.52)
中央凹词到副中央凹词眼跳长度	1.93 (0.53)	2.00 (0.50)	1.89 (0.51)	1.90 (0.55)
中央凹词向前眼跳长度	2.03 (0.61)	2.18 (0.67)	1.98 (0.60)	2.10 (0.75)
平均首次注视位置	0.95 (0.50)	1.02 (0.53)	0.94 (0.51)	0.95 (0.55)
单次注视位置	1.04 (0.45)	1.09 (0.49)	1.02 (0.48)	1.06 (0.50)
多次注视中的首次注视位置	0.63 (0.52)	0.68 (0.55)	0.63 (0.49)	0.54 (0.50)

注：表中为平均数，括号内为标准差。各指标的单位为字。

表 4　注视词频、副中央凹词笔画数在眼跳目标选择分析指标上的固定效应估计值

分析指标	截距	词频	笔画数	交互作用
起跳位置	0.907***	−0.018	−0.007	−0.018
中央凹词到副中央凹词眼跳长度	0.650***	−0.037**	0.029*	−0.026
中央凹词向前眼跳长度	0.701***	−0.034*	0.055**	−0.023
平均首次注视位置	0.991***	−0.035	0.046§	−0.042
单次注视位置	1.064***	−0.014	0.051§	−0.008
多次注视中的首次注视位置	0.677***	−0.078§	−0.044	−0.108

注：***表示 $p < 0.001$, **表示 $p < 0.01$, *表示 $p < 0.05$, §表示 $p < 0.1$。

在中央凹词到副中央凹词眼跳的起跳位置上，中央凹词频与副中央凹词笔画数两因素的主效应及交互作用均不显著($ts < 0.88$, $ps > 0.05$)。

在中央凹词到副中央凹词的眼跳长度上，中央凹词频主效应显著($b = −0.037$, $SE = 0.013$, $t = −2.80$, $p = 0.006$)，从高频中央凹词跳向副中央凹词的眼跳长度显著地长于从低频词跳出的眼跳长度。副中央凹词笔画数主效应显著($b = 0.029$, $SE = 0.013$, $t = 2.10$, $p = 0.042$)，中央凹词跳向少笔画数副中央凹词的眼跳长度显著地长于跳向多笔画数词的眼跳长度。两因素的交互作用不显著($b = 0.026$, $SE = 0.028$, $t = 0.94$, $p > 0.05$)。

在中央词向前眼跳长度上，中央凹词频主效应显著($b = −0.034$, $SE = 0.014$, $t = −2.49$, $p = 0.015$)，高频中央凹词的向前眼跳长度显著地长于低频词上的向前眼跳长度。副中央凹词笔画数主效应显著($b = 0.055$, $SE = 0.016$, $t = 3.35$, $p = 0.002$)，当副中央凹词为少笔画数词时中央凹词向前眼跳长度显著地长于多笔画数词条件。两因素的交互作用不显著($b = −0.023$, $SE = 0.031$, $t = 0.76$, $p > 0.05$)。

在注视位置各指标上，中央凹词频的主效应均在多次注视的首次注视位置上边缘显著($b = −0.078$, $SE = 0.046$, $t = −1.70$, $p = 0.09$)，在平均首次注视位置以及单次注视位置上均没有发现中央凹词频的主效应。在平均首次注视位置上，副中央凹词笔画数的主效应边缘显著($b = 0.046$, $SE = 0.025$, $t = 1.82$, $p = 0.074$)；在单次注视位置上，副中央凹词笔画数主效应边缘显著($b = 0.051$, $SE = 0.026$, $t = 1.96$, $p = 0.055$)；在多次注视位置的首次注视位置上并没有发现副中央凹词笔画数的主效应($ts < 1.7$, $ps > 0.05$)。两因素的交互作用在注视位置各指标上均不显著($ts < 1.16$, $ps > 0.05$)。

进一步通过贝叶斯分析检验了中央凹词频与副中央凹词笔画数交互作用不显著的可靠性。将即包含两因素主效应也包含两因素交互作用的全模型和包含两因素主效应的模型对比，分析结果更加支持两因素之间不存在交互作用(中央凹词到副中央凹词眼跳长度：9.63:1；中央凹词向前眼跳长度：4.65:1)。

将中央凹词首字、尾字字频作为协变量纳入到模型当中进行分析，在中央凹词到中央凹词的眼跳长度，首字字频与词频的交互作用显著(b = −0.030, SE = 0.011, t = −2.79, p = 0.006)。简单效应分析发现当中央凹词为低频词时，字频效应显著，字频越高眼跳长度越长(b = 0.098, SE = 0.037, t = 2.66, p = 0.008)。尾字字频的主效应显著(b = 0.018, SE = 0.006, t = 3.16, p = 0.002)，且与副中央凹词笔画数的交互作用边缘显著(b = −0.017, SE = 0.009, t = −1.88, p = 0.06)。简单效应分析发现，中央凹词尾字为高频字时副中央凹多笔画数词与少笔画数数词之间的差异(1.97 vs 2.00) (b = 0.057, SE = 0.029, t = 1.94, p = 0.052)小于中央凹词尾字为低频字时副中央凹多笔画数词与少笔画数词之间的差异(1.86 vs 1.91) (b = 0.053, SE = 0.027, t = 1.96, p = 0.05)。中央凹词向前眼跳长度上的分析结果相同。

此外，我们选择了 52 组实验材料，在词频上存在显著差异(t = 10.38, p < 0.001)，但首字与尾字笔画数、字频均不存在显著差异(ts < 1.90, p > 0.05)，副中央凹词笔画数存在显著差异(ts > 21.55,p < 0.001)，以检验排除字频差异后，中央凹注视词词频是否仍对眼跳目标选择产生影响。结果发现，在中央凹词到副中央凹词的眼跳长度上，词频主效应边缘显著(b = 0.031, SE = 0.017, t = 1.81, p = 0.075)，高频词上的向前眼跳长度长于低频词；两因素交互作用不显著(b = 0.025, SE = 0.033, t = 0.77, p = 0.44)。

在眼跳目标选择相关指标的分析上，发现了中央凹词频与副中央凹笔画数的作用，但是并没有发现两因素的交互作用，表明中央凹加工对眼跳目标选择产生影响并不是通过调节副中央凹加工产生的。

3.2 注视时间分析

中央凹词与副中央凹词的注视时间进行了分析，注视结果与分析结果见表 5 与表 6。

表 5　中央凹词与副中央凹词的注视结果

目标词	分析指标	中央凹注视词高频		中央凹注视词低频	
		副中央凹词多笔画	副中央凹词少笔画	副中央凹词多笔画	副中央凹词少笔画
中央凹词注视时间	首次注视时间	229 (73)	239 (81)	246 (83)	249 (82)
	凝视时间	268 (119)	268 (120)	291 (132)	306 (146)
	单一注视时间	228 (72)	236 (79)	244 (82)	249 (83)
	总注视时间	383 (227)	401 (237)	449 (266)	464 (275)
	跳读率	0.08 (0.26)	0.09 (0.27)	0.08 (0.27)	0.08 (0.27)
副中央凹词注视时间	首次注视时间	252 (85)	251 (89)	261 (88)	251 (84)
	凝视时间	305 (136)	295 (135)	311 (136)	300 (134)
	单一注视时间	256 (86)	251 (89)	264 (88)	251 (84)
	总注视时间	462 (287)	431 (270)	486 (278)	456 (276)
	跳读率	0.05 (0.21)	0.08 (0.26)	0.05 (0.21)	0.09 (0.28)

表 6　注视词频、副中央凹词笔画数在注视时间指标上的固定效应估计值

目标词	分析指标	截距	词频	笔画数	交互作用
中央凹词分析	首次注视时间	5.431***	0.053***	0.024*	−0.02
	凝视时间	5.547***	0.095***	0.023	0.038
	单一注视时间	5.429***	0.052***	0.025§	−0.008
	总注视时间	5.879***	0.139***	0.038§	−0.012
	跳读率	−2.842***	0.059	0.135	−0.143
副中央凹词分析	首次注视时间	5.486***	0.018	−0.027§	−0.021
	凝视时间	5.615***	0.022	−0.047*	0.001
	单一注视时间	5.491***	0.019	−0.039*	−0.022
	总注视时间	5.960***	0.066**	−0.077**	−0.007
	跳读率	−3.128***	0.132	0.610***	0.184

在中央凹词的注视时间分析上，词频的主效应显著，高频词的注视时间显著地短于低频词的注视时间(首次注视时间：b = 0.053, SE = 0.013, t = 4.04, p < 0.001；凝视时间：b = 0.095, SE = 0.019, t = 4.98, p < 0.001；单一注视时间：b = 0.052, SE = 0.013, t = 3.93, p < 0.001；总注视时间：b = 0.139, SE = 0.023, t = 6.05, p < 0.001)。副中央凹词笔画数的主效应在首次注视时间上显著(b = 0.024, SE = 0.012, t = 2.04, p = 0.04)，副中央凹词多笔画数的词首次注视时间

显著地短于少笔画数数词。在单一注视时间上边缘显著(b = 0.025, SE = 0.014, t = 1.83, p = 0.07)。在凝视时间和总注视时间上，副中央凹词笔画数的主效应不显著(ts < 1.75, ps > 0.05)。两因素交互作用均不显著(ts < 1.14, ps > 0.05)。在跳读率上，两因素的主效应及交互作用均不显著(ts < 0.51, ps > 0.05)。

在副中央凹词的注视时间分析上，首次注视时间的笔画数主效应边缘显著(b = −0.027, SE = 0.016, t = −1.71, p = 0.095)，在凝视时间、单一注视时间以及总注视时间上笔画数主效应显著(凝视时间：b = −0.047, SE = 0.017, t = −2.62, p = 0.011；单一注视时间：b = −0.039, SE = 0.016, t = −2.39, p = 0.022；总注视时间：b = −0.077, SE = 0.028, t = −2.65, p = 0.009)，多笔画数词的注视时间显著地长于少笔画数词的注视时间。在总注视时间上，中央凹词频主效应显著(b = 0.066, SE = 0.024, t = 2.75, p = 0.008)，中央凹词频为低频时，副中央凹词上的总注视时间显著地长于中央凹为高频词时。两因素的交互作用在各注视时间指标上均不显著(ts < 0.77, ps > 0.05)。在跳读率上，副中央凹词笔画数主效应显著(b = 0.610, SE = 0.181, t = 3.36, p < 0.001)，少笔画数词的跳读率显著地是高于多笔画数词的跳读率，中央凹词频的主效应以及两因素的交互作用均不显著(ts < 0.51, ps > 0.05)。

在注视时间的分析上发现了显著的词频效应与笔画数效应，表明了我们对实验操纵的有效性。在中央凹词的首次注视时间和总注视时间上发现，副中央凹词的笔画数越少，中央凹词的注视时间越长，即存在副中央凹–中央凹效应。在副中央凹词的总注视时间指标上发现了词频效应，中央凹词的词频越高，总注视时间越短。

4 讨论

本研究同时操纵了中央凹词频和副中央凹词的笔画数，以此探讨中央凹加工负荷对眼跳目标选择的影响是否通过调节副中央凹加工实现。在注视时间上发现了显著的词频效应与笔画数效应；与之前研究结果类似(Li, et al., 2014; Liu, et al., 2015; Wei et al., 2013;Yan, et al., 2006; Ma & Li, 2015)，在中央凹词向前眼跳长度上，注视词词频越高眼跳长度越长，副中央凹词笔画数越少，眼跳长度越长，但是两者的交互作用不显著。

汉语阅读眼跳目标选择的动态调节假设认为，副中央凹加工获取信息的多少调节着随后的眼跳长度，副中央凹加工获取的信息越多，随后的眼跳长度越长，而不是将词上的特定位置作为眼跳目标(Liu et al., 2015; Liu et al., 2016; Liu et al., 2017)。本研究的结果表明，副中央凹词的笔画数越少，从中央凹词跳向副中央凹词的眼跳长度越长，与之前的一些研究结果

相同(Ma & Li, 2015; 孟红霞等, 2014)，符合该假设的预期。

该假设认为，中央凹加工负荷对眼跳目标选择的影响是通过调节副中央凹加工获取信息的多少实现的，中央凹加工负荷越低副中央凹加工获取的信息越多，随后的眼跳长度也就越长。根据该假设，在本研究中我们应该发现中央凹注视词频与副中央凹笔画数的交互作用，但研究结果并没有发现两者存在显著的交互作用，贝叶斯的分析结果也表明了这种交互作用不显著的可靠性，与该假设的预期不同。中央凹注视词的加工负荷与副中央凹笔画数信息不存在显著交互作用的原因可能有以下两点。

首先，虽然在拼音文字的阅读，例如英语，中央凹加工负荷调节副中央凹加工，中央凹加工负荷越低，副中央凹加工中获取的信息越多(Henderson & Ferreira, 1990)，但是汉语阅读的一些研究表明，汉语阅读的中央凹与副中央凹加工是平行进行的(Yan, Richter, Shu, & Kliegl, 2009; Yan, Kliegl, Shu, Pan, & Zhou, 2010; 崔磊，王穗苹，闫国利，白学军, 2010)，中央凹加工负荷并不对副中央凹加工产生调节(Yan, 2015; 王永胜, 2016; 张慢慢, 2015)。虽然中央凹注视词的加工负荷越高，分配到副中央凹的注意资源越少，但是对中央凹词的注视时间变长，即对副中央凹词的预视时间变长，因此不同中央凹加工负荷条件下，副中央凹加工中获取信息的多少不存在差异。因此，读者在使用副中央凹信息进行眼跳计划时，表现为不受中央凹加工负荷的调节。为检验这种可能性，我们将中央凹注视词的凝视时间(即副中央凹加工的预视时间)作为协变量纳入到数据分析模型当中。结果虽然发现预视时间影响从中央凹词到副中央凹词的眼跳长度(b = −0.076, SE = 0.014, t = 5.42, p < 0.001),预视时间越长，随后的眼跳长度越长，但是预视时间与副中央凹词笔画数的交互不显著(b = −0.014, SE = 0.027, t = 0.52, p = 0.61)。表明中央凹负荷对眼跳目标选择的影响不是通过调节预视时间来实现的。因此我们认为，读者在进行眼跳计划时，中央凹与副中央凹加工获取的信息均会产生影响，中央凹加工负荷的作用不赖于对副中央凹加工的调节，两者的作用是可能是相互叠加的，不产生相互影响。

其次，中央凹加工与副中央凹加工虽然均会对眼跳目标选择产生显著影响，但是两者的作用机制可能不同，中央凹加工调节眼跳长度，而副中央凹加工情况直接决定了眼跳的落点位置(李玉刚，黄忍，滑慧敏，李兴珊, 2017)。基于加工的眼跳目标选择策略认为读者会估计一次注视时所能加工的字数，下次注视目标为能够获取新信息的位置(Wei et al., 2013)。虽然中央凹注视词加工负荷越低，分配到副中央凹的注意资源越多，但注意资源分配到更多的字上。为了检验这种可能性，在今后的研究中应该探讨不同中央凹加工负荷条件下，右侧的知觉广度是否存在差异。此外还需同时探讨，不同中央凹加工负荷条件下，副中央凹信息的特

性，比如词切分、词长等对眼跳目标选择的影响，以此探讨中央凹与副中央凹加工对眼跳目标选择的作用机制是否存在差异。

在将中央凹词的字频作为协变量进行分析时，除了词频调节随后的眼跳长度外，我们还发现字频同样影响随后的眼跳长度，当中央凹注视词为低频词时，首字字频越高随后的眼跳长度越长。之前研究表明，低频词首字的字频越低词上的注视时间越长(Yan et al., 2006)，表明注视词的字频信息可能同样影响加工负荷进而调节随后的眼跳长度。这也可能是刘萍萍(2013)操纵了词频与对比度来考察眼跳目标选择时没有发现词频影响随后的眼跳长度的原因。Liu 等人(2015)、Wei 等人(2013)和王永胜(2016)的研究中虽然发现词频调节随后的眼跳长度，但是并没有报告词的字频信息是否存在显著差异，而刘萍萍(2013)的研究中控制了字频信息，因此没有发现词频的作用。本研究中并没有严格操纵字频信息，因此需要同时操纵词频与字频信息来进一步考察字水平加工与词水平加工对眼跳目标选择的影响。

此外，本研究将中央凹注视词的字频作为协变量纳入到分析模型时，发现中央凹注视词的尾字字频与副中央凹词笔画数，在眼跳长度上的交互作用显著，中央凹注视词尾字字频越低，副中央凹词笔画数效应越显著。表明中央凹注视词的词频与字频信息均会影响眼跳目标选择，并且与副中央凹加工的关系存在不同。这也可能是在词水平上中央凹注视词频与副中央凹词的笔画数不存在显著的交互作用的一个原因，因此在今后的研究中需同时操纵中央凹注视词的词频、字频与副中央凹加工情况，来探讨中央凹加工与副中央凹加工的关系是否在字、词水平上存在差异。

综上所述，中央凹注视词的加工负荷与副中央凹词的笔画数均会影响随后的眼跳目标选择，中央凹注视词频越高，加工负荷越低，随后的眼跳长度越长；副中央凹词笔画数越少，跳入该词的眼跳长度越长，注视位置越靠近词中心；中央凹加工负荷对眼跳目标选择的影响并不是通过调节副中央凹加工获取信息的多少来完成的，今后在进行汉语读者眼跳目标选择的理论构建时，需充分考虑中央凹加工负荷所发挥的作用。

5 结论

汉语阅读中，中央凹注视词词频调节随后的眼跳长度；副中央凹词的笔画数调节随后的眼跳长度；中央凹加工负荷对眼跳目标选择产生的影响不是通过调节副中央凹加工获取信息的多少来进行的。

参考文献

Baayen, R. H., Davidson, D. J., & Bates, D. M. (2008). Mixed-effects modeling with crossed random effects for subjects and items. *Journal of Memory and Language*, *59*(4), 390−412.

Bai, X. J., Yan, G. L., Liversedge, S. P., Zang, C. L., & Rayner, K. (2008). Reading spaced and unspaced Chinese text: evidence from eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *34*(5), 1277−1287.

CUI, L., Wang, S. P., Yan, G. L., & Bai, X. J. (2010). Parafoveal-on-foveal interactions in normal Chinese reading. *Acta Psychologica Sinica*, *42*(5), 547−558.

[崔磊，王穗苹，闫国利，白学军. (2010). 中文阅读中副中央凹与中央凹相互影响的眼动实验. *心理学报*, *42*(5), 547−558.]

Bates, D., Mäechler, M., & Bolker, B. (2012). lme4: Linear mixed-effects models using S4 classes. R package version 0.999375-42.

Henderson, J. M., & Ferreira, F. (1990). Effects of foveal processing difficulty on the perceptual span in reading: implications for attention and eye movement control. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, *16*(3), 417−429.

Hoosain, R. (1992). Psychological reality of the word in Chinese. In H. C. Chen & O. J. L.Tzeng (Eds.), *Language processing in Chinese* (pp. 111−130). Elsevier.

Juhasz, B. J., Inhoff, A. W., & Rayner, K. (2005). The role of interword spaces in the processing of English compound words. *Language and Cognitive Processes*, *20*(1-2), 291−316.

Kliegl, R., Grabner, E., Rolfs, M., & Engbert, R. (2004). Length, frequency, and predictability effects of words on eye movements in reading. *European Journal of Cognitive Psychology*, *16*(1-2), 262–284.

Li, X. S., Bicknell, K., Liu, P. P., Wei, W., & Rayner, K. (2014). Reading is fundamentally similar across disparate writing systems: a systematic characterization of how words and characters influence eye movements in Chinese reading. *Journal of experimental psychology. General*, *143*(2), 895−913.

Li, X. S., Liu, P. P., & Rayner, K. (2011). Eye movement guidance in Chinese reading: Is there a preferred viewing location?.*Vision Research*, *51*(10), 1146−1156.

Li, Y. G., Huang R., Hua, H. M., & Li, X. S. (2017). How do reader select the saccade targets? *Advances in Psychological Science*, *25*(3), 404−412.

[李玉刚，黄忍，滑慧敏，李兴珊. (2017). 阅读中的眼跳目标选择问题. *心理科学进展*, *25*(3), 404−412.]

Liu, P., P. (2013). *Eye Movement Control during Chinese Reading: How to Selet the Saccade Targe*t (Unpublished doctorial dissertation). University of Chinese Academy of Science.

[刘萍萍. (2013). *汉语阅读时的眼动控制: 眼跳目标的选择*(博士学位论文).中国科学院大学.]

Liu, Y. P., Guo, S. Y., Yu, L., & Reichle, E. D. (2017, July). Word predictability affects saccade length in Chinese reading: An evaluation of the dynamic-adjustment model. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1−9.

Liu, Y. P., Huang, R., Gao, D. G., & Reichle, E. D. (2017). Further tests of a dynamic-adjustment account of saccade targeting during the reading of Chinese. *Cognitive Science*, *41*(S6), 1264−1287.

Liu, P. P., & Li, X. S. (2014). Inserting spaces before and after words affects word processing differently in Chinese: Evidence from eye movements. *British Journal of Psychology*, *105*(1), 57−68.

Liu, Y. P., Reichle, E. D., & Li, X. S. (2015). Parafoveal processing affects outgoing saccade length during the reading of Chinese. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *41*(4), 1229−1236.

Liu, Y. P., Reichle, E. D., & Li, X. S. (2016). The effect of word frequency and parafoveal preview on saccade length during the reading of Chinese. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *42*(7), 1008−1025.

Liversedge, S. P., Gilchrist, I. D., & Everling, S. (Eds.). (2011). *The Oxford handbook of eye movements*. US: Oxford University Press.

Ma, G. J., & Li, X. S. (2015). How character complexity modulates eye movement control in Chinese reading. *Reading and Writing*, *28*(6), 747−761.

Ma, G. J, Li, X. S., & Pollatsek, A. (2015). There is no relationship between preferred viewing location and word segmentation in Chinese reading. *Visual Cognition*, *23*(3), 399−414.

McConkie, G. W., Kerr, P. W., Reddix, M. D., & Zola, D. (1988). Eye movement control during reading: I. The location of initial eye fixations on words. *Vision research*, *28*(10), 1107−1118.

Meng, H. X., Bai, X. J., Yan, G. L., & Yao, H. J. (2014). The Number of Strokes Influences Initial Landing Positions during Chinese Reading. *Journal of Psychological Science*, *37*(4), 809−815.

[孟红霞, 白学军, 闫国利, 姚海娟. (2014). 汉字笔画数对注视位置效应的影响. *心理科学*, 37(4), 809−815.]

Morris, R. K., Rayner, K., & Pollatsek, A. (1990). Eye movement guidance in reading: the role of parafoveal letter and space information. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, *16*(2), 268−281.

O'Regan, J. K. (1992). Optimal viewing position in words and the strategy-tactics theory of eye movements in reading. *In: Rayner K. (eds) Eye movements and visual cognition. Springer Series in Neuropsychology* (pp. 333−354). Springer New York.

O'REGAN, J. K., & JACOBS, A. M. (1992). Optimal viewing position effect in world recognition: A challenge to current theory. *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, *18*(1), 185−197.

Perea, M., & Acha, J. (2009). Space information is important for reading. *Vision Research*, *49*(15), 1994−2000.

Pollatsek, A., & Rayner, K. (1982). Eye Movement Control in Reading: The Role of Word Boundaries. *Journal of Experimental Psychology*: *Human Perception and Performance*, *8*(6), 817−833.

R Development Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: The R Foundation for Statistical Computing. URL: http://www.R-project.org/

Rayner, K. (1979). Eye guidance in reading: Fixation locations within words. *Perception*, *8*(1), 21−30.

Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, *124*(3), 372–422.

Rayner, K. (2009). Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *62*(8), 1457−1506.

Rayner, K., Ashby, J., Pollatsek, A., & Reichle, E. D. (2004). The effects of frequency and predictability on eye fixations in reading: Implicationsfor the E-Z Reader model. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *30*(4), 720–732.

Rayner, K., & Raney, G. E. (1996). Eye movement control in reading and visual search: Effects of word frequency. *Psychonomic Bulletin & Review*, *3*(2), 245–248

Reichle, E. D., Rayner, K., & Pollatsek, A. (2012). Eye movements in reading versus nonreading tasks: Using E-Z Reader to understand the role of word/stimulus familiarity. *Visual Cognition*, *20*(4-5), 360−390.

Ruey-Yuan Peng & Jenn-Yeu Chen. (2004). Even Words are Right, Odd Ones are Odd: Explaining Word Segmentation Inconsistency among Chinese Readers. *Chinese Journal of Psychology*, *46*(1), 49−55.

[彭瑞元, 陈振宇. (2004). "偶语易安, 奇字难适": 探讨中文读者断词不一致之原因. *中华心理学刊*, *46*(1), 49−55.]

Schad, D. J., & Engbert, R. (2012). The zoom lens of attention: Simulating shuffled versus normal text reading using the SWIFT model. *Visual Cognition*, *20*(4-5), 391−421.

Vitu, F., O'regan, J. K., & Mittau, M. (1990). Optimal landing position in reading isolated words and continuous text. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *47*(6), 583−600.

Wang, Y. S. (2016). *The parafoveal processing influence selection of target during Chinese reading* (Unpublished doctorial dissertation). Doctoral dissertation, Tianjin Normal University.

[王永胜. (2016). *汉语阅读中副中央凹加工在眼跳目标选择中的作用* (博士学位论文). 天津师范大学.]

Wei, W., Li, X. S., & Pollatsek, A. (2013, March). Word properties of a fixated region affect outgoing saccade length in Chinese reading. *Vision Research*, *80*, 1−6.

Yan, G. L., Xiong, J. P., Zang, C. L., Xu, L. L., Cui, L., & Bai, X. J. (2013). Review of Eye-movement Measures in Reading Research. *Advances in Psychological Science, 21*(4), 589−605.

[闫国利, 熊建萍, 臧传丽, 余莉莉, 崔磊, 白学军. (2013). 阅读研究中的主要眼动指标评述. *心理科学进展, 21*(4), 589−605.]

Yan, G. L., Tian, H. G., Bai, X. J., & Rayner, K. (2006). The effect of word and character frequency on the eye movements of Chinese readers. *British Journal of Psychology*, *97*(2), 259−268.

Yan, G. L., Zhang, Q. M., Zhang, L. L., & Bai, X. J. (2013). The effect of masking materials on percetptual span in chinese reading. *Journal of Psychological Science. 36*(6), 1317−1322.

[闫国利, 张巧明, 张兰兰, 白学军. (2013). 不同掩蔽材料对阅读知觉广度的影响. *心理科学*, *36*(6), 1317−1322.]

Yan, M. (2015). Visually complex foveal words increase the amount of parafoveal information acquired. *Vision Research*, *111*, 91−96.

Yan, M., Kliegl, R., Richter, E. M., Nuthmann, A., & Shu, H. (2010). Flexible saccade-target selection in Chinese reading. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *63*(4), 705−725.

Yan, M., Kliegl, R., Shu, H., Pan, J., & Zhou, X. L. (2010). Parafoveal load of word N+ 1 modulates preprocessing effectiveness of word N+ 2 in Chinese reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *36*(6), 1669−1676.

Yan, M., Richter, E. M., Shu, H., & Kliegl, R. (2009). Readers of Chinese extract semantic information from parafoveal words. *Psychonomic Bulletin & Review, 16*(3), 561−566.

Zang, C. L., Liang, F. F., Bai, X. J., Yan, G. L., & Liversedge, S. P. (2013). Interword Spacing and Landing Position Effects during Chinese Reading in Children and Adults. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 39*(3), 720−734.

Zhang, M. M. (2015). *The mechanism of word skipping in Chinese reading: An eye movement study* (Unpublished doctorial dissertation). Doctoral dissertation, Tianjin Normal University.

[张慢慢. (2015). *中文阅读中词跳读机制的眼动研究*(博士学位论文). 天津师范大学.]

Influence of the frequency of fixated words and the number of strokes of parafoveal words on saccadic target selection in Chinese reading

WANG Yongsheng; ZHAO Bingjie; CHEN Mingjing; LI Xin; YAN Guoli; BAI Xuejun

(Academy of Psychology and Behaviour, Tianjin Normal University,

Key Research Base of Humanities and Social Sciences of Ministry of Education, Tianjin 300074, China)

Abstract

In alphabetic languages, such as English, the spaces between words are one kind of cue of visual word segmentation that guides the reader in selecting the word center as the saccadic target.

Previous studies have shown that in English reading, such visual word boundaries can be extracted from parafoveal vision. However, no visual word boundary serves as a saccadic target for selection in Chinese reading. Most recently, several researchers have claimed that Chinese readers adjust their saccade length to accommodate lexical processing, rather than moving their eyes to specific saccadic targets. The properties of fixated words affect the subsequent saccadic target selection. For example, the saccade length is longer for high- than for low-frequency words. Moreover, parafoveal processing also has an important influence on the modulation of saccade length. Some researchers have nonetheless found that the load of fixated word processing modulates the processing of parafoveal words, where readers then adjust the selection of the next saccade target, though several studies have failed to find an interaction between the fixated word and foveal and parafoveal processing.

Given the evidence that the frequency of fixated words and the strokes of parafoveal words significantly influence the upcoming saccade length, in the present study, the frequency of fixated words in foveal processing and the strokes of parafoveal words were manipulated to explore the relationship between foveal processing and parafoveal processing on saccade target selection. If the load of processing of fixated words modulates the processing of the word in parafoveal vision, then we predicted that the effect of parafoveal word strokes from adjusting the current saccade length would be more pronounced when the fixated word is processed in high- rather than in low-frequency foveal processing.

The results showed that participants fixated on low-frequency words for a significantly longer time than for high-frequency words; they fixated on parafoveal words with a low number of strokes for a significantly shorter time than those with a high number of strokes; the saccade length of high-frequency words was longer than that of low-frequency words; the upcoming saccade length in parafoveal vision was significantly longer for words with a low than a high number of strokes; and the location of the initial fixation on words with a low number of strokes was closer to the word centre than with words with a high number of strokes. Unfortunately, we failed to observe significant interactions between these two factors for any eye movement measures used in the present study.

The results indicate that the frequency of fixated word and the number of strokes of parafoveal words independently affect the selection of saccadic targeting in Chinese reading.

Keywords: Chinese reading; saccade-target selection; foveal processing; parafoveal processing